Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 33 (1989-1990): 175-187 Palma de Mallorca.

DINAMICA DE LA DESCOMPOSICION DE LAS HOJAS DE *Pinus halepensis* MILL. EN CAP DES PINAR (ALCUDIA, MALLORCA)

C. GARCÍA PLÉ, E. PRATS, P. VANRELL, LL. SABATER & M. MOREY[1]

PALABRAS CLAVE: bosque mediterráneo, hojarasca, descomposición, peso perdido, modelo matemático.
KEYWORDS: mediterranean forest litter, decomposition, weight loss, mathematical model.

RESUMEN. En el presente trabajo se ha estudiado el proceso de descomposición de las hojas de *Pinus halepensis* Mill. en una parcela experimental permanente de 1600 m^2 de pinar no intervenido desde hace 40 años, localizada en Cap des Pinar (Alcúdia, Mallorca), zona bajo gestión militar.

Se inició con la recogida de hojas recién caídas en Julio de 1988 que se llevaron al laboratorio, introduciéndose aproximadamente 3.50 g en bolsas de nylon de 1 mm de malla y 225 cm^2 de superficie. Un total de 91 bolsas fueron emplazadas sobre el mantillo del bosque, siendo retiradas 7 cada mes, a partir de Agosto, durante 13 meses.

A lo largo de 396 días se ha producido una pérdida de peso respecto del inicial del 18.5%, siendo la media del peso perdido diariamente durante los 13 meses del estudio del 0.047%, valor semejante al estimado por regresión exponencial negativa (k x 100 = 0.044%). El tiempo de semi-descomposición según esta última tasa es de 1576 días.

ABSTRACT. DYNAMICS OF DECOMPOSITION OF *Pinus halepensis* MILL. LEAVES IN CAP DES PINAR (ALCUDIA, MALLORCA). Decomposition processes of leaves of *Pinus halepensis* Mill. were studied in an experimental pine grove (1600 m^2 surface area), located in Cap des Pinar (Alcúdia, Majorca), an area under military management.

In July 1988 freshly fallen leaves were taken to the laboratory. Approx. 3.50 g were introduced in 1 mm mesh nylon litter bags and 225 cm^2 surface area. Ninety one bags were placed on the litter and seven were retrieved monthly over 13 months. The loss in dry weight was 18.47% after 396 days. The ave daily weigth loss was 0.047%. Similar data were obtained by negative exponential regression (k x 100 = 0.044%). The time predicted for 50% decomposition is 1576 days.

---

[1] Lab. Ecología. Dpto. de Biología Ambiental. Universidad de las Islas Baleares.
07071 Palma de Mallorca.

RESUM. DINÀMICA DE LA DESCOMPOSICIÓ DE LES FULLES DE *Pinus halepensis* MILL. A CAP D'ES PINAR (ALCUDIA, MALLORCA). S'ha estudiat el procés de descomposició de les fulles de *Pinus halepensis* Mill. a una parcel·la experimental permanent de 1600 m^2 de pinar no intervengut durant els darrers 40 anys, localitzada al Cap d'es Pinar (Alcúdia, Mallorca), zona de gestió militar.

La recollida de fulles acabades de caure es va iniciar el Juliol de 1988 que es portaren al laboratori, introduint-se aproximadament 3.50 g a bosses de nylon de 1 mm de malla i 225 cm^2 de superfície. Un total de 91 bosses foren posades sobre la virosta del bosc, éssent retirades 7 cada mes, a partir de l'Agost, durant 13 mesos.

Al llarg de 396 díes s'ha produit una pèrdua de pes respecte de l'inicial del 18.5%, essent la mitjana del pes perdut diàriament durant els 13 mesos del 0.047%, valor semblant a l'estimat per regressió exponencial negativa (k x 100 = 0.044%). El temps de semidescomposició segons aquesta darrera taxa, és de 1576 díes.

INTRODUCCIÓN

La circulación de materia orgánica y de nutrientes es uno de los aspectos clave del funcionalismo de los ecosistemas terrestres (FERRES *et al.*, 1984). Dentro de la llamada circulación interna del ecosistema (circulación entre los organismos y el suelo), la descomposición es el flujo de unión entre los compartimentos mantillo y suelo; la acumulación de mantillo resulta del equilibrio entre la velocidad del desfronde y la velocidad de descomposición.

La descomposición es un proceso dinámico que comporta un cambio de estado del recurso o sustrato por el efecto de un número elevado de factores biológicos y abióticos (SWIFT *et al.*, 1979). Dentro de este cambio de estado, la expresión más simple es la pérdida de peso; además también se produce un cambio en la composición química del recurso (VERDU, 1984).

Estos cambios pueden atribuirse a tres procesos diferentes que actúan simultaneamente sobre el recurso: lavado por el agua de lluvia; catabolismo resultante de la acción fundamentalmente bacteriana y fúngica; y fragmentación por la actividad de los animales detritófagos (VERDU, 1984). A largo plazo, el resultado final de la descomposición es la mineralización del recurso. A corto plazo, la descomposición origina la formación de la materia orgánica del suelo, ya sea en forma de fracción celular o de humus (VERDU, 1984).

La mineralización rápida del mantillo está en relación con un aumento de la fertilidad y, por ello, está en relación con un aumento de la producción primaria (DUVIGNEAUD, 1981; VERDU, 1984); de ahí el interés en estudiar la evolución y velocidad de descomposición de la hojarasca.

Los objetivos generales de este trabajo han sido dos: evaluar la pérdida de peso de hojas de *Pinus halepensis* durante el primer año de su descomposición; y establecer un modelo matemático de descomposición.

El presente estudio contribuye a paliar la escasez de datos biogeoquímicos referentes a los ecosistemas forestales en Baleares (GARCIA PLÉ *et al.*, 1989), con tal de mejorar el conocimiento de nuestros bosques y la gestión de los recursos forestales.

MATERIAL Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en una parcela experimental permanente de 1600 m^2 de pinar no intervenido desde hace 40 años, localizada en Cap des Pinar (Alcúdia, Mallorca), zona bajo gestión militar. La parcela está situada a 30 m de altitud y a una distancia aproximada de 150 m del mar. Presenta una pendiente de 6° y está orientada hacia el NW (320°). La litología corresponde a calizas del Lías inferior (IGME, 1963). La pluviosidad anual es de 602 mm y la temperatura media anual es de 17.2°C (GUIJARRO, 1986).

Es de señalar que la precipitación durante el año de estudio ha sido sensiblemente menor (375 mm, estación Alcúdia "Butano") que la media. En la tabla 1 se presentan los datos termopluviométricos de las estaciones más cercanas a la zona experimental, para el período Julio 1988-Junio 1989.

El estrato arbóreo constituido por la especie *Pinus halepensis* presenta una altura media de 10-12 m, con una cobertura del 60%. La cobertura arbustiva es del 25%, con una altura media de 1 m; está formada por *Pistacia lentiscus, Myrtus communis, Chamaerops humilis* y *Phillyrea angustifolia.* El estrato herbáceo está constituido casi en su totalidad por *Ampelodesmos mauritanica,* con una cobertura del 35% y una altura media de 0,60 m. La comunidad pertenece a la Alianza *Oleo-Ceratonion* (BOLOS & MOLINIER, 1958). El suelo se halla cubierto en su mayor parte por hojarasca, siendo escasa la roca aflorante.

La densidad del estrato arbóreo es de 756.3 pies/ha y el área basal es de 29.51 m^2/ha; la distribución de los árboles en clases diamétricas, a partir de la clase de 5-10 cm, alcanza hasta la clase de 40-45 cm. La clase diamétrica con mayor densidad es la de 15-20 cm con 143 pies/ha; la clase diamétrica con mayor área basal corresponde a un diámetro de 30-35 cm con 7.65 m^2/ha, y en ella nos ha sido posible estudiar un ejemplar de 31.7 cm de diámetro en el que datamos una edad aproximada de 63 años.

	Alcúdia (V. Pollença)	Alcúdia (Butano)			
	Prec. (mm)	Prec.(mm)	T. máx.(°C)	T. media(°C)	T. mín.(°C)
Jul. 88	0.0	2.9	31.2	25.9	20.5
Ago.	10.0	11.1	32.2	26.5	20.8
Sep.	58.0	51.3	27.4	22.6	17.7
Oct.	12.0	19.0	26.0	21.0	16.0
Nov.	14.0	23.3	20.2	15.9	11.6
Dic.	20.0	23.8	15.7	11.8	7.9
Ene. 89	28.0	34.9	15.3	10.8	6.2
Feb.	29.0	39.6	16.9	10.3	6.8
Mar.	22.0	41.1	19.8	14.6	9.3
Abr.	75.0	64.8	19.2	14.8	10.4
May.	-	30.0	24.1	19.0	14.0
Jun.	42.0	33.1	28.2	22.8	17.2
Jul.	5.0	4.4	31.9	23.4	21.1
Ago.	49.0	33.4	33.1	27.8	22.4

Tabla 1. Datos termopluviométricos de las estaciones de Alcúdia, "Vertiente Pollença" (sólo precipitación) y Alcúdia "Butano" (precipitación, temperaturas máxima, media y mínima) para el período Julio 1988-Agosto 1989.

Temperature and rainfall data from Alcudia stations, "V. Pollença" (rainfall only) on "Butano" (rainfall and maximum, minimum and mean temperatures) during July 1988 to August 1989.

METODOLOGÍA

Para el estudio del proceso de descomposición se recogieron hojas recién caídas en Julio de 1988, mes de máximo desfronde para esta fracción; de esta manera se trata de simular las condiciones naturales lo más fielmente posible (VERDU, 1984; SANTA REGINA *et al.*, 1986). Dichas hojas se llevaron al labora-

torio y se secaron a temperatura ambiente, introduciéndose aproximadamente 3.50 g en bolsas de nylon de 1 mm de malla y 225 cm^2 de superficie.

Las hojas frescas se dejan secar al aire hasta obtener procentajes de contenido en agua inferiores al 10% (VERDU, 1984); encontramos que 3.50 g de hojas secadas al aire corresponden a 3.30 g de hojas secadas en estufa, lo que equivale a un 6% de contenido hídrico (media de 7 replicados). Con este método, a veces, cuando la tasa de descomposición es muy baja no se registra pérdida de peso durante el proceso de descomposición, debido a los errores que se pueden cometer cuando se estima el peso seco inicial que se va a descomponer a partir de submuestras que, una vez secadas en la estufa, proporcionan la relación peso seco/peso fresco (VERDU, 1984).

La utilización de bolsas para el estudio de la descomposición es un método empleado por numerosos autores (RAPP, 1971; SCHLESINGER & HASSEY, 1981; READ & MITCHEL, 1983; GARRIDO, 1984; HIRSCHFELD *et al.*, 1984; VERDU, 1984; ESCUDERO BERIAN *et al.*, 1987; SANTA REGINA *et al.*, 1986; NUÑEZ, 1989), aunque su tamaño, la luz de malla y peso del material vegetal que se pone en ellas es muy variable. Este método presenta algunas ventajas e inconvenientes. La modificación más importante en el proceso de descomposición consiste en la acción de filtro sobre el paso de los detritófagos, realizada por el tamaño de la malla; la disminución de la fragmentación puede ser compensada porque en el interior de las bolsas se produce cierta compactación que favorece la conservación de la humedad, y, con ella, la actividad de los descomponedores. La lixiviación también puede reducirse por el efecto de la malla. Pese a esta distorsión del ambiente natural, este método permite un seguimiento en el tiempo, más o menos eficaz, de la pérdida de peso (VERDU, 1984).

Un total de 91 bolsas fueron emplazadas sobre el mantillo del bosque (el 29 de Julio de 1988), retirándose 7 cada mes, a partir de Agosto durante 13 meses. Las muestras eran secadas a 70°C en una estufa de aireación forzada hasta peso constante (4 días); esta temperatura minimiza las pérdidas de sustancias volátiles (VERDU, 1984). La limpieza del material (partículas de tierra, restos vegetales, excrementos, etc.) fué muy escrupulosa.

La media del peso perdido para cada muestreo se obtuvo calculando la media aritmética de los pesos de las 7 bolsas; de esta media se ha obtenido el error estandar, expresado en porcentaje. Para expresar la pérdida diaria de peso por mes se ha calculado el peso medio ponderado por los días de cada período de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PÉRDIDA DE PESO

Según WITKAMP (1960), MINDERMAN (1968), DUCHAUFOUR (1978), (MEENTEMEYER (1978) y HOWARD & HOWARD (1980), la tasa de descomposición de la hojarasca está influenciada principalmente por: las características climáticas (temperatura y humedad); la calidad de la hojarasca, en cuanto a sus propiedades físicas (fragilidad) y químicas (contenido en nitrógeno, material orgánico hidrosoluble, celulosa, lignina, taninos, etc.); y las características edáficas (drenaje y aireación, pH, etc.).

Durante 396 días se ha producido una pérdida media de peso seco del 18.5% respecto del inicial, siendo de destacar que durante los 92 primeros días se produce cerca de la mitad de dicha pérdida (tabla 2). La media del error estándar para los 14 muestreos realizados ha sido del 6.22% (tabla 3); destaca el elevado error del primer muestreo, atribuible a que la pérdida de peso acumulada es aún muy pequeña.

Además de la pérdida de peso hemos observado un cambio en la coloración de las hojas (de marrón claro a marrón oscuro o negro) y un aumento del grado de compactación y fragmentación de las primeras bolsas a las últimas.

Algunos autores (NUÑEZ, 1989) también registran los mayores procentajes de pérdida de peso durante los primeros meses, debido fundamentalmente a la calidad de la hojarasca: contenido en sustancias volátiles, compuestos orgánicos hidrosolubles y nutrientes de fácil lixiviación (WITKAMP, 1966).

El valor de pérdida de peso obtenido se encuentra dentro de los límites inferiores dados por otros autores para especies mediterráneas y coníferas en general. VERDÚ (1984) encuentra una pérdida del 25.7% en 374 días para *Quercus ilex* y del 16.8% en 354 días para *Abies alba*; SCHLESINGER & HASSEY (1981) encuentran unas pérdidas anuales del 15-19% en especies de matorral mediterráneo.

En general, la pérdida de peso registrada en nuestro estudio puede considerarse pequeña, confirmando el hecho de que las coníferas suelen descomponerse más lentamente que los planifolios (GONZALEZ, 1980; MAC LEAN & WEIN, 1978; SING & GUPTA, 1977; VIÑAS & VALLEJO, 1987), puesto que pueden contener sustancias inhibidoras del crecimiento microbiano (DUCHAUFOUR, 1978; PORTA, 1985).

Meses	Días acumulados	Peso perdido (%)
Agosto 1988	31	3.32
Septiembre	61	6.53
Octubre	92	8.36
Noviembre	122	9.68
Diciembre	153	10.58
Enero 1989	184	11.66
Febrero	212	12.44
Marzo	243	13.22
Abril	273	14.24
Mayo	304	15.60
Junio	334	17.85
Julio	365	18.16
Agosto	396	18.47

Tabla 2. Cambios en el peso seco de las hojas de *Pinus halepensis* Mill. con el tiempo de descomposición.

Changes in dry weight of *Pinus halepensis* Mill. needles through decomposition time.

No obstante, la comparación de los datos obtenidos con los bibliográficos es simplemente orientativa y debe tomarse con cautela, ya que aparte de diferencias en el clima, cobertura vegetal, calidad de la hojarasca de las diferentes especies, tipo de humus y fauna edáfica, existen diferencias en la metodología utilizada (luz de malla, días transcurridos, etc.).

La media del peso perdido diariamente durante los 13 meses de estudio ha sido del 0,047%, oscilando entre el 0.010 y 0.107% (figura 1).

En la tabla 1 se pueden observar dos máximos de precipitación que corresponden a Septiembre y Abril, siendo la temperatura de Septiembre superior a la de Abril; esto explicaría la mayor tasa de descomposición de Septiembre. En Octubre, Noviembre y Diciembre se puede decir que la precipitación es

Nº de muestreo	S. E. (%) Peso perdido
1 (26.08.88)	24.16
2 (23.09.88)	5.13
3 (21.10.88)	8.91
4 (18.11.88)	4.98
5 (17.12.88)	4.43
6 (13.01.89)	4.12
7 (11.02.89)	2.57
8 (11.03.89)	5.82
9 (07.04.89)	6.93
10 (06.05.89)	7.92
11 (02.06.89)	2.57
12 (01.07.89)	3.15
13 (01.08.89)	4.40
14 (01.09.89)	2.03

Tabla 3. Variación del error estandar (en % de la media) del peso seco perdido por descomposición en los 14 muestreos.

Range of standard errors (% of the mean) of dry weight loss by decomposition for 14 sampling collections.

escasa y la temperatura disminuye notablemente; de forma paralela la tasa de descomposición disminuye. En Enero también se observa un aumento de precipitación, no tan acentuada como en Septiembre y Abril, aunque la temperatura sigue siendo baja; esto podría explicar la pequeña subida de la tasa de descomposición de este mes. En Febrero y Marzo la precipitación aumenta poco y se mantiene más o menos constante, pero la temperatura aún sigue siendo baja, aunque ya empieza a aumentar. A partir de Abril con el importante aumento de precipitación, aunque en Mayo y Junio la precipiatación disminuya, la temperatura sigue aumentando, lo que favorecería la descomposición. En Julio y Agosto con mínimos de precipitación y máximos de

temperatura se dan las tasas de descomposición más bajas. Es interesante señalar la diferencia entre Agosto de 1988 (transcurridos 31 días) y Agosto de 1989 (transcurrido 396 días), sólo explicable por la diferencia en la calidad de la hojarasca, ya comentada con anterioridad.

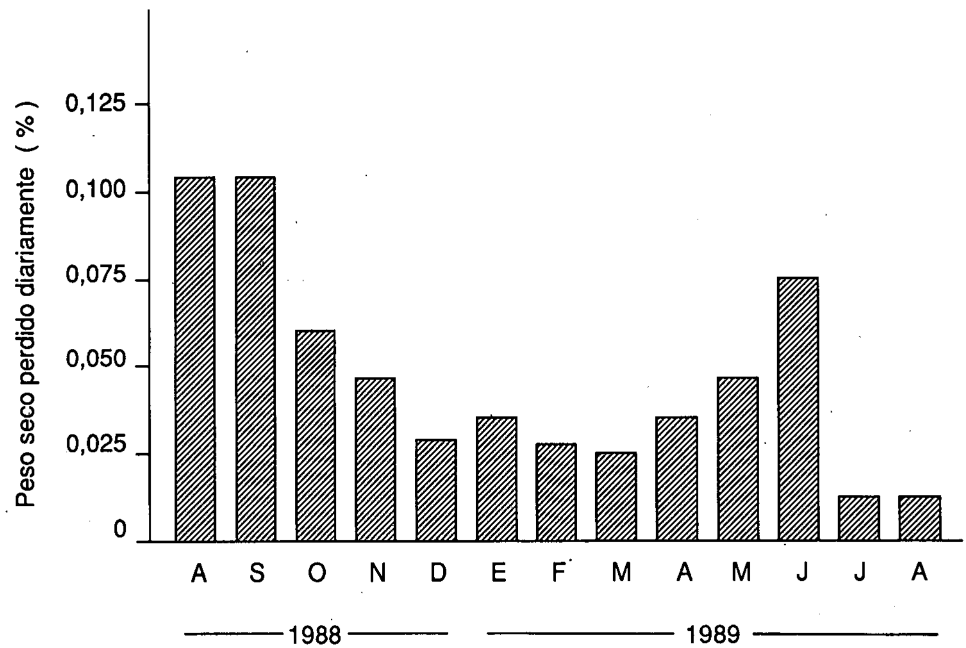


Fig. 1.- Evolución del porcentaje de peso seco perdido diariamente por descomposición en las hojas de *Pinus halepensis* Mill.

Evolution of daily relative dry weight loss by decomposition of *Pinus halepensis* Mill. needles.

De forma global podemos apreciar bajas tasas de descomposición en invierno, condicionadas principalmente por las bajas temperaturas, y tasas más altas en primavera y otoño, favorecidas conjuntamente por temperaturas moderadas y algunas precipitaciones importantes. En verano, la baja precipitación influiría negativamente en la tasa de descomposición, pauta conocida para la vegetación mediterránea (LOUSIER & PARKINSON, 1978; ESCUDERO

BERIAN *et al.*, 1986), a excepción del primer mes de incubación, ya que a medida que pasa el tiempo se incrementa la influencia de los factores climáticos y edáficos sobre la influencia de la calidad de la hojarasca (WITKAMP, 1966).

MODELO MATEMÁTICO DE DESCOMPOSICIÓN

Se han formulado distintos modelos matemáticos para explicar las pérdidas de peso en la hojarasca del suelo producidas por la descomposición. Un modelo ya clásico es el formulado por OLSON (1963), mediante una ecuación de regresión que corresponde a una curva exponencial negativa de la forma $X=X_o e^{-kt}$, donde X_o es el peso inicial en el tiempo t=0, X es el peso restante en el tiempo t, k es la tasa de descomposición (tiempo $^{-1}$) y t es el tiempo transcurrido.

El mismo autor propone el cálculo, a partir de k, del tiempo necesario para que se descomponga el 50% ($t_{50\%}=0.6931/k$) de la hojarasca, tiempo de semidescomposición, y del tiempo para que se descomponga el 95% ($t_{95\%}=3/k$) y el 99% ($t_{99\%}=5/k$) de la hojarasca.

En este estudio se ha encontrado una correlación significativa ($r^2=0.98$) entre el peso restante de la muestra y los días acumulados, que permite estimar la tasa de descomposición respecto de la unidad de tiempo. Este modelo de descomposición se ajusta a la ecuación de la forma $X=96.16\ e^{-0.00044\ t}$ (figura 2). El coeficiente de regresión representa la tasa de descomposición, en este caso diaria, que expresada por porcentaje (k x 100) alcanza un valor de 0.044, con un error estándar (S.E. × 100) de 0.002. Este valor obtenido con 396 días es semejante a la media del peso perdido diariamente durante 13 meses (0.047%).

El tiempo de semidescomposición según esta tasa es de 1576 días; es decir, en poco más de 4 años desaparece la mitad del peso de la hojarasca que cae al suelo. El tiempo necesario para que se descomponga el 95% de la hojarasca es de 6820 días (aprox. 19 años) y para que se descomponga el 99% es de 11366 días (31 años).

La tasa de descomposición encontrada es inferior al mínimo hallado en la bibliografía referente a vegetación mediterránea; k x 100=0.064 para *Quercus ilex* (VERDÙ, 1984) y superior al mínimo registrado en la bilbiografía referente a coníferas: k x 100=0.025 para *Abies alba* (GOURBIERE, 1982).

Es de señalar que la tasa de descomposición es menor cuando la regresión exponencial se calcula a partir de los datos obtenidos en un período de tiempo superior a un año (SCHLESINGER, 1985); NUÑEZ, 1989).

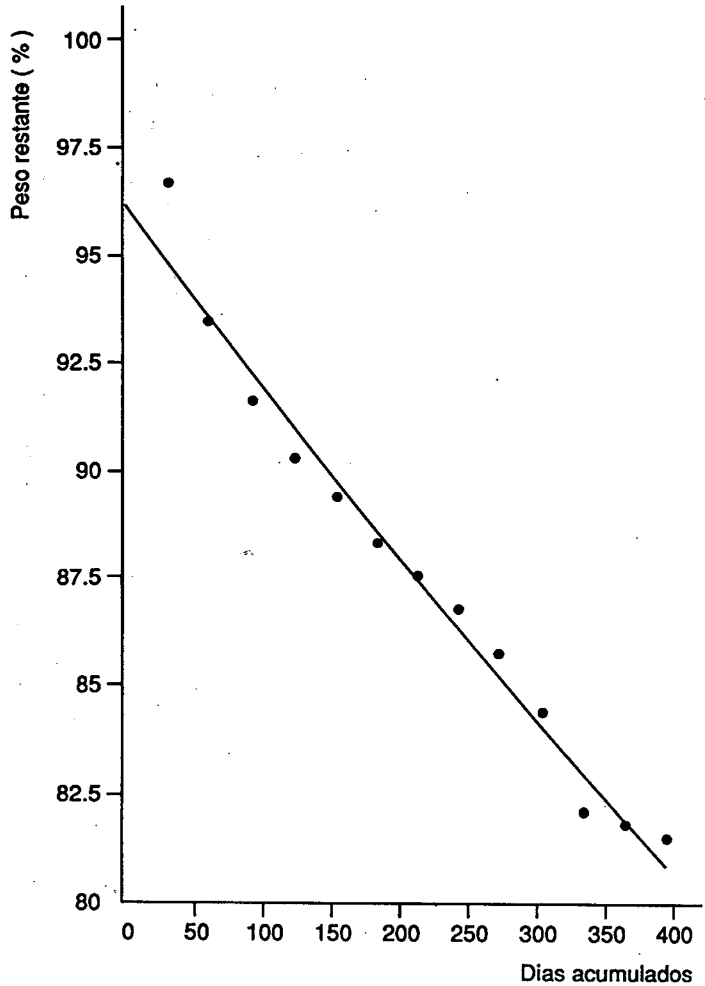


Fig. 2.- Modelo de descomposición para las hojas de *Pinus halepensis* Mill.: regresión entre el peso restante y los días acumulados.

Decomposition model for *Pinus halepensis* Mill. needles: regression between remaining weight and accumulated days.

BIBLIOGRAFÍA

BOLOS, O. & MOLINIER, R. 1958.– Recherches phytosociologiques dans l'île de Majorque. *Collect. Bot.* V (III), n° 34: 699-865.

DUCHAUFOUR, P. 1978.– *Manual de Edafología.* Toray-Masson. Barcelona.

DUVIGNEAUD, P. 1981.– *La síntesis ecológica.* Alhambra. Madrid.

ESCUDERO BERIAN, A.; MATIAS, M.D.; GARRIDO, M.V. & ARCO, M. 1986.– Dinámica de los elementos minerales en la hojarasca en descomposición. En: *Bases ecológicas para la gestión ambiental.*: 104-105. Diputación de Barcelona.

ESCUDERO BERIAN, A.; GARRIDO, M.V. & MATIAS M.D. 1987.– Decay curves of leaf litter from evergreen and deciduous tree species. *Oecol. Plant.* 8 (22), nº 1: 81-90.

FERRES, LL. & RODA, F. & VERDU, A.M.C. & TERRADAS, J. 1984.– Circulación de nutrientes en algunos ecosistemas forestales del Montseny (Barcelona). *Mediterránea,* 7: 139-166.

GARCIA PLE, C.; OLIVER, T.; PALMER, M.; PIÑA, S.; PRATS, E.; SUREDA, P.; VANRELL, P.; VILANOVA, T.; XAMENA, J.; & MOREY, M. 1989.– Estructura del estrato arbóreo y evaluación del mantillo en ecosistemas forestales con diferente grado de conservación en Mallorca. *Rev. Cièn.* (*IEB*), 3.

GARRIDO, M.V. 1984.– *Estudio de la descomposición de la hojarasca de Q. rotundifolia Lam. y Q. pyrenaica Willd. en monte adehesado.* Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca.

GONZALEZ, M.I. 1980.– *Efecto de la vegetación (Quercus pyrenaica Willd. y Pinus pinaster Aiton) sobre suelos de la vertiente norte de la Sierra de Gata. Materia orgánica y su evolución.* Resumen Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.

GOURBIERE, F. 1982.– Vie, sénescence et décomposition des aiguilles de sapin (*Abies alba* Mill.). 2. Bilan annuel. *Oecol. Plant.* 3(17), nº 2: 185-195.

GUIJARRO, J.A. 1986.– *Contribución a la bioclimatología de Baleares.* Tesis Doctoral. Universidad de las Islas Baleares.

HIRSCHFELD, J.R.; FINN, J.T. & PATTERSON III, W.A. 1984.– Effects of *Robinia pseudoacacia* on leaf litter decomposition and nitrogen mineralization in northern hasd-wood stand. *Can. J. For. Res.,* 14: 201-205.

HOWARD, D.M. & HOWARD, P.J.A. 1980.– Effect of species, source of litter, type of soil and climate on litter decomposition. Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter (3). *Oikos,* 34: 115-124.

IGME, 1963.– Mapa geológico de España. E. 1:50000.

LOUSIER, J.D. & PARKINSON, D. 1978.– Chemical element dynamics in decomposing leaf litter. *Can. J. Bot.,* 56: 2795-2812.

MACLEAN, D.A. & WEIN, R.W. 1978.– Weight loss and nutrient changes in decomposing litter and forest floor material in New Brunswick forests stands. *Can. Jour. Bot.,* 56(21): 2730-2749.

MEENTEMEYER, V. 1978.– Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology,* 59 (3): 465-472.

MINDERMAN, G. 1968.- Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *J. Ecol.,* 56: 355-362.

NUÑEZ, E. 1989.– *Ecología del Jaral de Cistus ladanifer* L. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

OLSON, J.S. 1963.– Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology,* 44(2): 322-331.

PORTA, J. 1985.- Sòl. En: *Recursos geològics i sol. Història Natural dels Països Catalans* Vol. 3. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

RAPP, M. 1971.– 1971.– *Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens.* CNRS. París.

READ, D.J. & MITCHEL, D.T. 1983.– Decomposition and Mineralization Processes in Mediterranean-Type. Ecosystems and in Heathlands of Similar Structure. In: *Mediterranean-Type Ecosystems. The role of nutrients.* KRUGER, F.S.; MITCHELL, D.T. & JARVIS J.U.M. (eds.): 208-232. Springer-Verlag. Berlin.

SANTA REGINA, I.; SAN MIGUEL, C. & GALLARDO, J.F. 1986.– Evolución y velocidad de descomposición de la hojarasca en tres bosques en la Sierra de Béjar (Salamanca). *Centro de Edafología y Biología Aplicada.* CSIC. *Anuario.* Vol. XI: 217-231.

SCHLESINGER, W.H. 1985.– Decomposition of chaparral shrub foliage. *Ecology,* 66(4): 1352-1359.

SCHLESINGER, W.H. & HASSEY, M.M. 1981.– Decomposition of chaparral shrub foliage: losses of organic and inorganic constituents fom deciduous and evergreen leaves. *Ecology,* 62(3): 762-774.

SING, J.S. & GUPTA, S.R. 1977.– Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *The Botan. Rew.* 43, 4:449-528.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. 1979.– *Decomposition in terrestrial ecosystems.* Studies in Ecology Vol. 5. Blackwell Sci. Pub. Oxford.

VERDU, A.M.C. 1984.– *Circulació de nutrients en tres ecosistemes forestals del Montseny: caiguda de virosta i descomposició de la fullaraca.* Tesis Doctoral. Universitat Autónoma de Barcelona.

VIÑAS, X. & VALLEJO, V.R. 1987.– Estudi comparatiu dels horitzons orgànics d'un alzinar i d'una pineda de pi roig a l'Alta Garrotxa (Girona). *Scientia gerundensis,* 13: 93-101.

WITKAMP, M. 1960.– Seasonal fluctuations of the fungus flora in mull and mor of an oak forest. *Meded. ITBON* (Arnhem) nº 46.

WITKAMP, M. 1966.– Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora, and microbial respiration. *Ecology,* 47(2): 194-201.